


**Wavelength sensitive beam combiner with aberration correction**

Patent Number: ☐ EP0973160  
Publication date: 2000-01-19  
Inventor(s): LEE WAI-HON (US)  
Applicant(s): HOETRON INC (US)  
Requested Patent: ☐ JP2000048386  
Application Number: EP19990305542 19990713  
Priority Number(s): US19980134666 19980717  
IPC Classification: G11B7/12; G11B7/125; G11B7/135  
EC Classification: G11B7/135A, G11B7/125D  
Equivalents: ☐ US6043935  
Cited patent(s): EP0881635; EP0831469; EP0831472; JP9245364; GB2312548; JP9073655

**Abstract**

A wavelength sensitive hologram which combines the 780 nm laser beam and the 650 nm laser beam to produce a compact DVD optical pickup. The 780 nm laser beam is incident on the hologram at an angle so that the first order diffraction from the hologram propagates along the optical axis of the hologram. The wavefront recorded on the hologram also contains aberration correction components so that the focused 780 nm laser beam on the CD substrate is nearly perfect or at least diffraction limited. The 650 nm laser beam is incident normal to the hologram plane so that the 0 order diffraction of the

650 nm laser beam remains propagating along the optical axis of the hologram. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-48386

(P2000-48386A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000.2.18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

G 1 1 B 7/125

G 1 1 B 7/125

B

7/135

7/135

A

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-199831

(22) 出願日 平成11年7月14日 (1999.7.14)

(31) 優先権主張番号 09/134666

(32) 優先日 平成10年7月17日 (1998.7.17)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 592014089  
 ホートロン・インコーポレーテッド  
 アメリカ合衆国 94086 カリフォルニア  
 州・サニイヴェイル・パロマー アヴェニ  
 ュ・776

(72) 発明者 ワイ ホン リー  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
 95014 クーパーティノ ノエル アベニ  
 ュー 10332

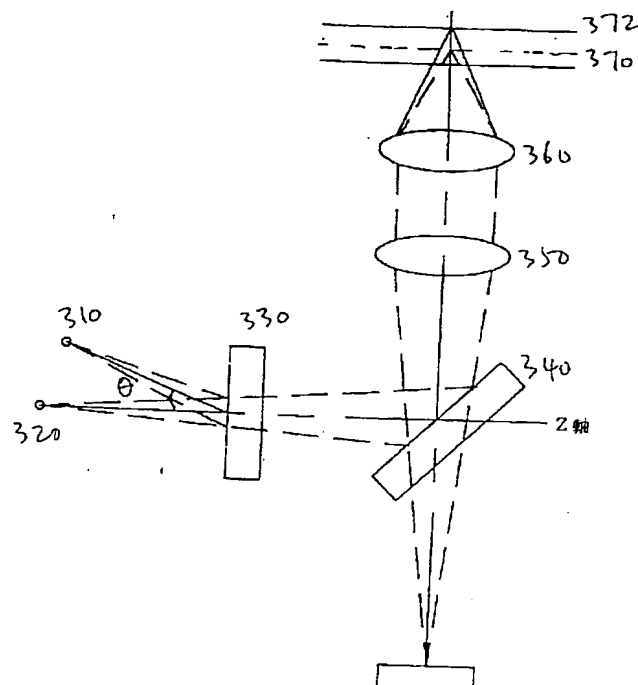
(74) 代理人 100059959  
 弁理士 中村 稔 (外9名)

(54) 【発明の名称】 収差補正を有する波長感光ビームコンパイナ

(57) 【要約】

【課題】 新しくDVDフォーマットされたディスクと古いCDディスクの両方を読み出し可能な光学ピックアップを設計する。

【解決手段】 780 nmのレーザビームと650 nmのレーザビームを結合し、コンパクトDVDの光学ピックアップを製造する波長感光性ホログラムである。780 nmのレーザビームは傾斜してホログラムに入射し、ホログラムからの第1次数の回折がホログラムの光学軸に沿って伝わるようになっている。また、ホログラムに記録された波面は収差補正構成部品を含み、CD基板に集束された780 nmのレーザビームはほぼ完全または少なくとも限定された回折となるようになっている。650 nmのレーザビームはホログラム平面に垂直に入射し、650 nmのレーザビームの0次数の回折が相変わらずホログラムの光学軸に沿って伝わるようになっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 レーザ源と、  
第 2 レーザ源と、  
前記第 1 及び第 2 レーザ源からレーザビームを受け取るように配置された回折ビームコンバイナと、  
前記回折ビームコンバイナからのビームを媒体に集束させるように配置されたレンズと、を含むことを特徴とする光学ピックアップ装置。

【請求項 2】 前記第 1 レーザ源が前記回折ビームコンバイナの光学軸に沿って配置され、  
前記第 2 レーザ源が前記回折ビームコンバイナに傾斜して配置され、前記第 2 レーザ源からの第 1 次数の回折ビームが前記回折ビームコンバイナの光学軸に沿って前記回折ビームコンバイナによって発生されるようになっている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】 前記第 1 レーザ源が前記第 2 レーザ源より短い波長を有している請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】 前記回折ビームコンバイナが位相関数に従ってパターン形成され、異なる媒体の厚さにより生じる収差を少なくとも部分的に補正する請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】 前記ビームコンバイナがパターン形成され、前記レンズが最適化されるよりも厚い媒体を補正する請求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】 前記回折ビームコンバイナがホログラムレンズを含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】 前記回折ビームコンバイナと前記レンズとの間に設けられたビームスプリッタと、  
該ビームスプリッタを介して前記媒体に反射された光を受け取るように設けられた多重要素光検出器と、を含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】 前記各レーザ源が、  
レーザ発生装置と、  
該レーザ発生装置を保持するためのモジュールと、  
該モジュールに設けられた光検出器と、  
前記モジュールに設けられ、反射されたレーザビームを前記光検出器に回折するホログラムレンズと、を更に含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】 前記第 1 及び第 2 レーザ源の間に設けられ、前記回折ビームコンバイナにレーザビームを向け直すプリズムを更に含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 0】 前記プリズムが前記回折ビームコンバイナの光学軸に沿って前記第 1 レーザ源からの前記第 1 レーザビームを向け直し、前記回折ビームコンバイナに傾斜して前記第 2 レーザ源からの第 2 レーザビームを向け直し、前記第 2 レーザ源から回折された第 1 次数のビームが前記回折ビームコンバイナの光学軸に沿って前記回折ビームによって発生されるようになっている請求項 9 に記載の装置。

【請求項 1 1】 前記レーザ源が光検出器を有するサブ

マウントに設けられている請求項 9 に記載の装置。

【請求項 1 2】 前記レーザ源及び前記プリズムが少なくとも 1 つの光検出器を有する単一サブマウントに設けられている請求項 9 に記載の装置。

【請求項 1 3】 回折ビームコンバイナと、  
前記回折ビームコンバイナの光学軸に沿って配置された第 1 レーザ源と、  
前記回折ビームコンバイナに傾斜して配置された第 2 レーザ源とを含み、該第 2 レーザ源からの第 1 次数の回折ビームが前記回折ビームコンバイナにより該回折ビームコンバイナの光学軸に沿って発生されるようになっており、前記第 1 レーザ源が前記第 2 レーザ源より短い波長を有しており、

そして、  
前記回折ビームコンバイナからのビームを媒体に集束させるように配置されたレンズを含み、  
前記回折ビームコンバイナが位相関数に従ってパターン形成され、異なる媒体の厚さにより生じる収差を少なくとも部分的に補正する、ことを特徴とする光学ピックアップ装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は CD または DVD プレーヤで使用される光学ヘッドに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 近年におけるデジタルバーサタイルディスク (DVD) または当初の「デジタルビデオディスク」技術は次の革新的な消費者の電子製品として販売促進されてきており、人気のあるコンパクトディスクプレーヤ (CD) に取って代わっている。しかし、DVD プレーヤは広く受け入れられておらず、主要な日本企業によって比較的少量製造されているだけである。DVD プレーヤを製造する困難性の 1 つは新しく DVD フォーマットされたディスクと古い CD ディスクの両方を読み出し可能な光学ピックアップを設計することにある。

【0 0 0 3】 図 1 は光学ピックアップ設計でこの困難性を説明している。レーザ源 1 1 0 は光のビームを発し、そのビームはコリメーティングレンズ 1 4 0 にビームスプリッタ 1 3 0 によって反射され、その後、対物レンズ 1 5 0 によってディスク媒体 1 6 0 に集束させられる。レーザビームは媒体基板を介してその背面 1 6 1 に集束させられるので、対物レンズは基板の厚さにより誘導された球面収差を補正するように設計されている。換言すれば、媒体基板は対物レンズの構成部分を成す。対物レンズは、異なる厚さが基板のため使用される場合には、回折限定スポットに集束させることはできない。

【0 0 0 4】 2 枚のレンズを通過した後に媒体の背面により反射された光はその後、ビームスプリッタ 1 3 0 を通って検出器 1 7 0 に集束させられる。ビームスプリッタの厚さにより戻りのビームに引き起こされる非点収差

は焦点エラーのサーボ信号を生成するために使用される。ほとんどのCDプレーヤでは、また、光学ピックアップはレーザビームを分割する格子120を含み、集束された3本のビームを媒体に生成し、トラッキングエラーのサーボ信号を供給する。

【0005】CDプレーヤ及びDVDプレーヤ用の光学ピックアップのための光学原理に相違はない。しかし、DVDフォーマットは0.84 $\mu$ mのトラック空間とより小さいピットサイズを使用しているので、データを読み取るために媒体表面に要求されるレーザスポットサイズは0.55 $\mu$ mより小さくなければならない。結果として、より高いNAの対物レンズがDVDプレーヤ用の

光学ピックアップで使用される。そのような高いNAの対物レンズで、媒体で集束されたビームスポットの直径は媒体基板の傾斜に敏感である。従って、より薄い基板がDVDディスクのため選択される。図1の光学システムに戻って参照すると、DVD光学ピックアップは適正な対物レンズを選択することにより製作され、その対物レンズはDVDディスクのための0.6mm厚の基板と650nmの波長のレーザダイオードのため設計され、DVDディスク上のデータを読み取るのに必要なスポットサイズを達成する。次の表はDVDピックアップとCDピックアップとの間の相違点を記載している。

表 1

	CD	DVD
対物レンズ	NA=0.45	NA=0.6
基板の厚さ	1.2mm	0.6mm
レーザの波長	780nm	635~650nm
トラックのピッチ	1.6 $\mu$ m	0.84 $\mu$ m

【0006】上表で分かるように、CDシステムとDVDシステムの間には3つの主要な相違点がある。1番目は媒体の厚さである。DVDレンズは0.6mmの基板により引き起こされる球面収差を補正するように設計されている。1.2mmの厚さを有するCDディスクがDVD対物レンズを有するDVDプレーヤに置かれると、集束させられたビームスポットは激しく逸脱される。

【0007】2番目の相違点は、DVDディスクとCDディスクの間のトラックピッチの相違によるものである。3本のビーム方法は通常、CD光学ピックアップで使用される。この方法は半分のトラックにより分割される2本の外側ビームを要求する。CDディスクは1.6 $\mu$ mのトラックピッチを有し、DVDディスクは0.84 $\mu$ mのトラックピッチを有するので、3本のビームトラッキングのための2本の外側ビームは1つのディスクタイプのためにだけ設定可能であり、他のためには設定できない。

【0008】3番目の相違点は、CDピックアップ及びDVDピックアップに使用されるレーザの波長である。CDレコーダブルプレーヤにより使用されるCD-Rディスクで使用される色素によって生じる。ほとんどのCD-Rディスクで使用される特別の色素は650nmで最高の吸収を有する。結果として、CD-Rディスクが650nmのレーザだけでDVDプレーヤに挿入される時、媒体に入射したほとんどの光は色素により吸収され、光はほとんど検出器の方に反射しない。

【0009】図2は上記3つのすべての問題を解決する現在のDVD光学ピックアップ設計の1つを示している。図示されているように、780nmのレーザダイオード210によって発せられたレーザビームはビームスプリッタ230の使用を通して650nmのレーザダイ

オード220により発せられたレーザビームと結合する。3本のビーム格子290はレーザ210の前に置かれている。残りの光学システムは図1のと同じである。両方のビームは第2ビームスプリッタ240によって個々に反射されることができる。コリメーティングレンズ250を通過した後、ビームは対物レンズ260によって媒体270に集束させられる。反射したビームはレンズ260及び250によりビームスプリッタ240を通過して検出器280に集束させられる。DVDディスクがこの光学ピックアップを含むプレーヤに挿入される時、650nmのレーザダイオード220がつけられる。しかし、CDディスクが挿入される時、780nmのレーザダイオードがつけられ、レーザビームは表面272に集束させられる。対物レンズ260はDVDディスクの基板の厚さを補正するために設計されているので、媒体での780nmのビームは逸脱されるだろう。収差を最小にするため、開口292が780nmのレーザダイオード210の前に置かれ、対物レンズ260に入射するビームをより小さい開口数に制限することができる。また、対物レンズ260の前に置かれた各種開口または波長感光性開口294を実行することもできる。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】図2では、3本のビーム格子290が780nmのレーザダイオード210の前に示されている。そのため、動作のCDモードでは、3本のビームのトラッキング方法が使用可能である。動作のDVDモードでは、単一ビームのトラッキング方法が通常、使用される。しかし、この設計では、3本のビーム格子290は650nmのレーザダイオード220の前に置かれることができ、3本のビームのトラッキングがDVDの動作モードのためにも実行可能なようにな

っている。この設計には2つの困難性がある。主要な1つは、基板の厚さのため780nmのビームで補正されない収差である。第2は、ビームスプリッタ230の効率である。ビームスプリッタ230が高価な偏光ビームスプリッタでない場合には、いずれかのレーザダイオード210、または220によって発せられた光の半分は失われる。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】この特許出願は、780nmのレーザビームと650nmのレーザビームを結合し、コンパクトDVDの光学ピックアップを製造する波長感光性ホログラムを説明する。780nmのレーザビームは傾斜してホログラムに入射し、ホログラムからの第1次数の回折がホログラムの光学軸に沿って伝達するようになっている。また、ホログラムに記録された波面は収差補正構成部品を含み、CD基板で集束された780nmのレーザビームはほぼ完全または最小限の収差を有するようになっている。650nmのレーザビームはホログラム平面に垂直に入射し、650nmのレーザビームの0次数の回折は相変わらずホログラムの光学軸に沿って伝わるようになっている。

【0012】ホログラムが製作され、780nmでの第1次数の回折効率及び650nmでの0次数の回折効率は両者共、最適化可能である。その上、より厚い基板によって生じた対物レンズの収差は同じホログラムによって補正される。これは、図2に略図を描いたように従来技術の設計を向上可能な低コスト及び高効率となる。この発明の別の実施例では、この本発明のビームコンバイナは米国特許 No. 4,731,722及び4,757,197のレーザ/検出器装置で使用可能であり、将来のDVDプレーヤのため光学ピックアップの製造を更に簡略化する。

【0013】1実施例では、CDの780nmのレーザが軸を外れている間、DVDの635~650nmのレーザは光学軸上にある。軸を外れたレーザは効率が低く、CDレーザはDVDレーザのノイズ要求に対して高い信号を有していないので、これを受け入れることができる。また、軸を外れたCDレーザは、ホログラムを使用して、より厚いディスク基板による収差を補正することができるものである。この補正はスポットを広げてもよく、CDはより広いスポットを求めるので、DVDレーザよりCDレーザに収差補正を適用することの方がより適当である。

$$\eta_0 = \cos^2 \varphi$$

$$\eta_1 = \left( \frac{2}{\pi} \right)^2 \sin^2 \varphi_1$$

$\eta_0$  及び  $\eta_1$  はそれぞれ、0次数及び第1次数の回折効率である。パラメータ  $\varphi$  はエッチング深度  $d$  及びホログラム基板の屈折率  $n$  によって決定され、 $\pi(n-1)d/\lambda$

#### 【0014】

【発明の実施の形態】図3は本発明の光学原理を示している。レーザ源310は角度  $\theta$  でホログラム330に入射するレーザビームを放出しているのが示されている。ホログラムはコンピュータにより波面  $e^{j\phi(x,y)}$  で発生可能であり、

$$\phi(x,y) = \frac{j2\pi}{\lambda} (\sin \theta x + \delta(x,y))$$

源310からのレーザビームはホログラムによって回折され、ホログラム軸に沿って伝わるビームとなる。可変の  $x$  及び  $y$  はホログラム平面の空間座標である。ホログラムの光学軸は  $z$  軸に沿っている。関数  $\delta(x,y)$  は回折ビームのため収差補正条件である。

【0015】しかし、別のレーザ源320がホログラム軸に沿ってホログラムに入射する時、ホログラムからの0次数の回折はホログラム軸に沿ったままである。これはこのビームコンバイナの基本的な原理である。ホログラム330を通過した後のいずれのレーザビームはビームスプリッタ340によって反射される。コリメーティングレンズ350及び対物レンズ360は媒体370にビームの集束させる。媒体370の基板の厚さは0.6mmまたは1.2mmのいずれかである。

【0016】対物レンズ360は0.6mmの基板の厚さによる収差を補償するように設計されている。レーザ源310は1.2mmの基板媒体での使用のため予定されている。ホログラムはその回折ビームの波面に影響を及ぼすことができるので、源310からの回折されたビームは1.2mmの基板の収差補正条件である位相関数  $\delta(x,y)$  によって影響される。この補正では、源310からのレーザビームは収差フリースポットへ表面372に集束させられる。ホログラムの0次数が源320のため使用される時、その波面は位相関数  $\delta(x,y)$  によって影響されない。1つのレーザ源のためのこの収差補正に加えて、第2のレーザ源に影響を与えない間、このホログラムはまた2つのレーザ源のため高い光効率をも有している。

【0017】1979年7月1日のアプライドオプティクス (Applied Optics) の18巻の2152~2158頁に公表されたWai-Hon Leeによる「高効率の多重ビーム格子 (High Efficiency Multiple Beam Gratings)」という論文は回折効率  $\eta$  及び波長  $\lambda$  の間の関係を説明している。

$$(2)$$

$$(3)$$

$\lambda$  で与えられる。エッチング深度  $d$  を選択可能であり、 $\eta_0$  及び  $\eta_1$  が2つの異なる波長のため最適化可能であることに注目するのは興味がある。例えば、DVD光学ビ

ックアップは780 nmでのレーザ及び635 nm波長でのレーザダイオードを利用する。以下の表は最適な回

折効率を与えるエッチング深度を記載している。

表 2

率 n	エッチング深度 d	$\eta_0$	$\eta_1$
1. 5	2. 5 $\mu$ m	94. 3 %	36. 5 %
1. 6	2. 1 $\mu$ m	96. 3 %	37. 5 %
1. 7	1. 8 $\mu$ m	96. 3 %	35. 4 %
1. 8	1. 55 $\mu$ m	91. 8 %	37. 4 %
1. 9	1. 4 $\mu$ m	96. 3 %	35. 4 %

【0018】分かるように、選択した屈折率に対し、 $\eta_0$ はその理論上の最適効率の100%に近く、同時に $\eta_1$ はその理論上の最適効率の40. 5%に近い。実質上の理由では、エッチング深度が浅い時、ホログラムを製作するのはより容易である。この理由では、より高い屈折率を有するガラス基板が好ましい。図2で示された従来の技術と比較して、最適な反射は50%であり、最適な透過もまた50%である。

【0019】図4は本発明の第2の実施例を示している。装置410は米国特許4,757,197及び米国特許4,731,772によるレーザ/検出器/ホログラム装置である。装置410は650 nmのレーザを含んでいる。装置410によって発せられたレーザビームはホログラム430に入射する。ホログラム430からの0次数の回折された光はレンズ440及び450を通過し、基板の厚さが0. 6mmの媒体460に集束させられる。媒体により反射された光はホログラム430の0次数の回折を通り装置410に戻り、装置410内の光検出器によって検出されるだろう。同様な方法で、780 nmの波長を持った装置420によって発せられた光ビームはホログラム430によって回折される。回折されたビームは位相変化を含み、媒体厚さを1. 2mmに変化させることによって作られた収差を補正する。これは1. 2mmの基板の厚さの表面462での回折限定スポットとなる。媒体462からの戻りのビームはホログラム430によって回折され、装置420に戻る。この実施例と以前のものの間の主な相違点は、媒体から戻ったビームもまたホログラム430を通過することである。これは装置420の光効率を著しく減少させる。例えば、ホログラム430は35%の第1次数の回折効率を有している。ホログラムを2回通過することは約10%の総合効率となる。しかし、コンパクトディスクを読み取るために必要とされる信号対雑音比はDVDディスクのための要求よ

り著しく低いので、CD部分のためのより低い光効率はより高い増幅器の利得を使用することにより補償可能である。第2実施例の独特な利点は、CDディスクを読み取るために遅れた互換性と共にDVDプレーヤのためのそのような光学ピックアップの構成における簡略化である。

【0020】我々は例のように650 nm及び780 nmの波長を使用する時でさえ、同じ概念がレーザ波長の他の組み合わせに等しく適用可能である。

【0021】図5Aは図3で説明したようにホログラムコンバイナを有するレーザパッケージの実施例の側面図である。650 nmのレーザチップがサブマウント502に設けられている。レーザ501により発せられた光は屋根型プリズム503に反射され、ホログラム506に垂直に入射する。プリズムの角度Aは45度である。第2レーザ504はサブマウント505に設けられている。この第2レーザによって発せられた光はまたプリズム503に反射されるが、その後、ホログラム平面に傾斜して入射する。この実施例では、プリズムの角度Bは40度である。結果として、この第2レーザビームのホログラムでの入射角度は10度である。図5Bはこのパッケージの平面図を示している。サブマウント502及び505はシリコン光検出器である。検出器要素506及び507はそれぞれ、レーザ501及び504のための電力監視として役立つ。レーザチップ及び電力監視は結合ワイヤによりパッケージの導線に接続される。この特定の実施例では、ホログラム平面への第2レーザチップの距離は約5mmである。第2レーザチップとホログラムの光学軸間の距離は約1mmである。この構成に基づいて、0. 6mmから1. 2mmの基板の変化により生じる球面収差を補正するために必要なホログラム関数は、

$$\Phi(x, y) = \frac{2\pi}{\lambda} (A_1 x + A_2 x^2 + A_3 y^2 + A_4 x^3 + A_5 xy^2 + A_6 x^4 + A_7 x^2 y^2 + A_8 y^4)$$

で与えられ、 $A_1 = 0. 197$ ,  $A_2 = -0. 0788$ ,  $A_3 = -0. 0819$ ,  $A_4 = -0. 0029$ ,  $A_5 = 0. 008855$ ,  $A_6 = -0. 00165$ ,  $A_7 = -0. 000749$ ,  $A_8 = -0. 00165$ であり、 $\lambda$ は785 nmに等しい。この特定の位相関数では、A1の項

は第2レーザビームを向き直すために使用され、第1レーザビームの光学軸に沿って伝える。A2及びA3の項は10度の入射角度によって引き起こされた非点収差を補正する。A4及びA5の項は10度の入射角度によって再び引き起こされたものを補正する。項A6、A7及

びA 8は媒体の厚さの変化により引き起こされる球面収差を補正する。球面収差量は使用される特定の対物レンズによる。 $\Phi(x, y)$ の係数は1.2mmの基板を有する光学システムを介して光線をトレースすることにより得られる。

【0022】図6Aはレーザパッケージの別の実施例を示している。この実施例では、レーザチップ601及び602及び屋根型プリズム603は同一のシリコン検出器604に取付けられている。図6Bは電力監視606及び607を示しており、電力監視はレーザチップ601及び602からの後方放出を検出するために使用される。この実施例はより小型の屋根型プリズムを使用し、より小型のパッケージを可能にする。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 CDピックアップのための典型的な従来技術の光学システム図である。

【図2】 DVDピックアップのための典型的な従来技術の光学システム図である。

【図3】 波長感光性ビームコンバイナを使用する本発明のDVDピックアップの第1の実施例の図である。

【図4】 波長感光性ビームコンバイナとレーザ/検出器装置を使用する本発明のDVDピックアップの別の実施例の図である。

10

【図5A】 プリズムを使用するレーザパッケージとホログラムコンバイナの側面図である。

【図5B】 プリズムを使用するレーザパッケージとホログラムコンバイナの平面図である。

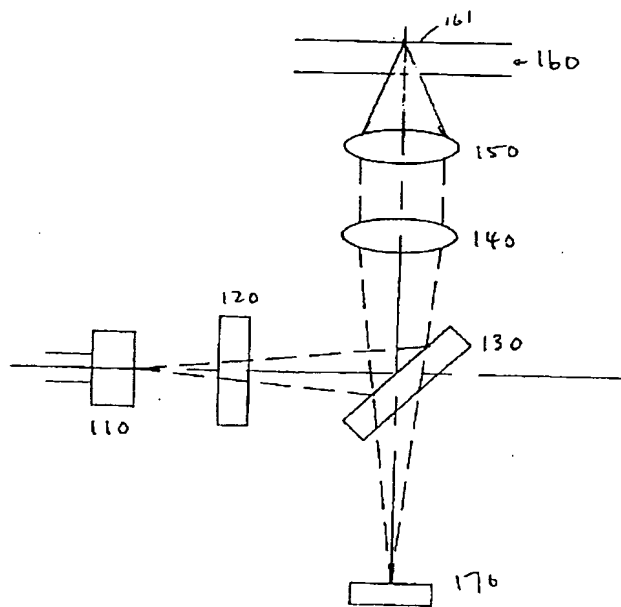
【図6A】 単一検出器上に設けられるように変更した図5A及び図5Bのレーザパッケージ及びホログラムコンバイナの側面図である。

【図6B】 単一検出器上に設けられるように変更した図5A及び図5Bのレーザパッケージ及びホログラムコンバイナの平面図である。

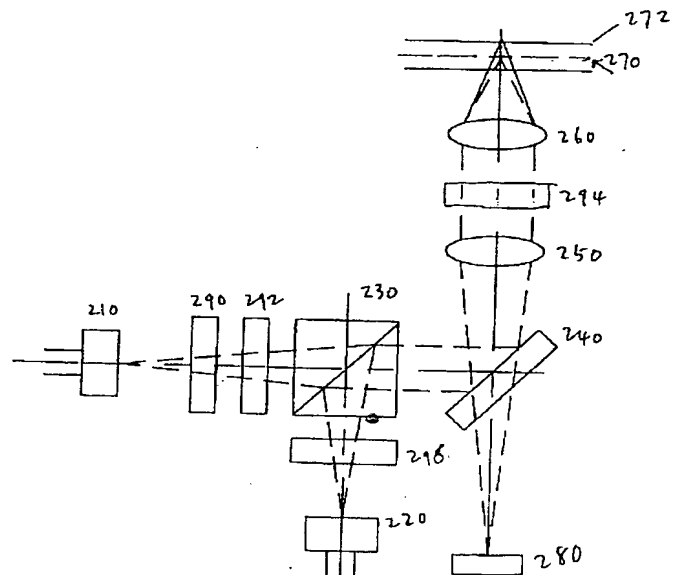
#### 【符号の説明】

310	レーザ源
320	レーザ源
330	ホログラム
340	ビームスプリッタ
370	媒体
410	装置
430	ホログラム
462	媒体
501	レーザ
504	レーザ
506	ホログラム
603	プリズム

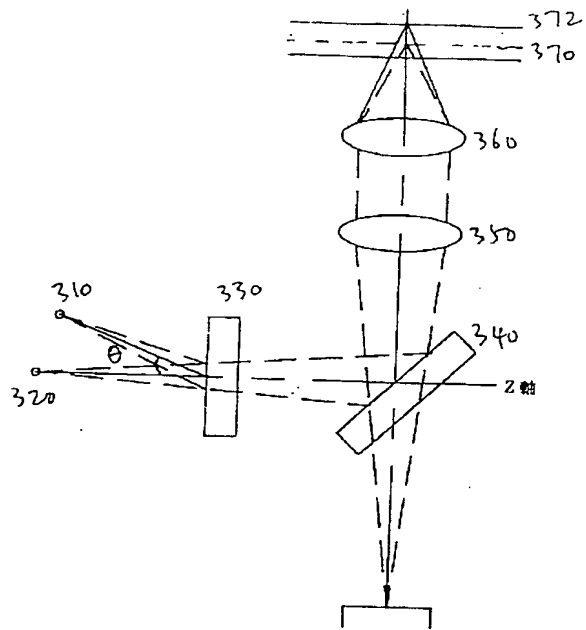
【図1】



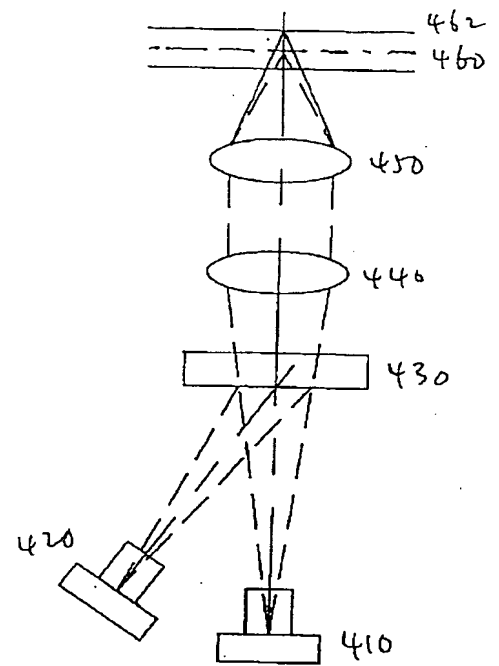
【図2】



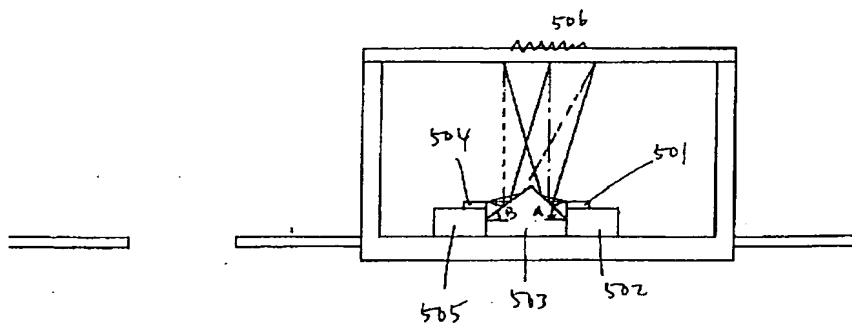
【図 3】



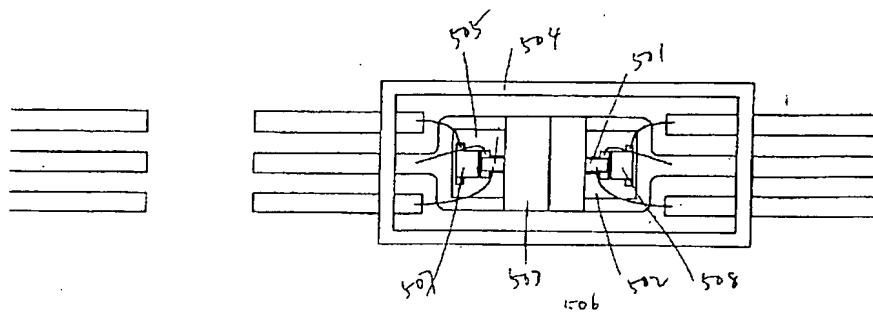
【図 4】



【図 5 A】

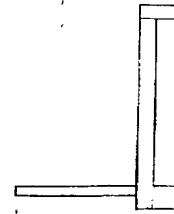
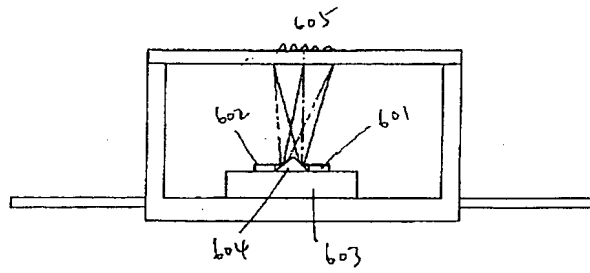


【図 5 B】





【図 6 A】



【図 6 B】

